

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-145922

(43)Date of publication of application : 07.06.1996

(51)Int.Cl.

G01N 25/72

(21)Application number : 06-291215

(71)Applicant : NKK CORP

(22)Date of filing : 25.11.1994

(72)Inventor : KITAGAWA HISAO

YASUI TOSHIYUKI

OKANO YOSHIHIRO

KAWAMURA TADASHI

HIRATA MOTOFUMI

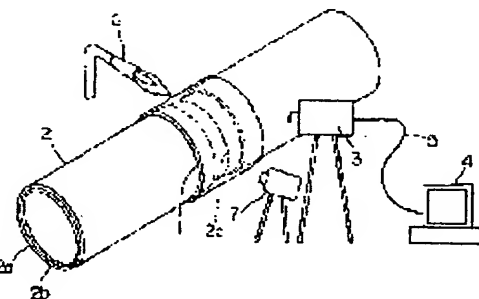
(54) METHOD FOR INSPECTING DEFECT OF PAINTING AND COATING MATERIAL

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method for inspecting a defect of a painting and coating material for detecting the defect such as an air void produced on a steel tube coated with the painting and coating material.

CONSTITUTION: A site welding joint part 2c of a coated steel tube 2 is coated with an anticorrosion painting and coating layer material 1 through a bonding agent layer, and heated by a heat source such as a gas burner 6.

The anticorrosion painting and coating layer material 1 is contracted thermally, and after the anticorrosion painting and coating layer material 1 is cooled, it is heated. The temperature distribution is observed by an infrared ray camera 3, and a method for inspecting a defect of the painting and coating material for detecting a defect part such as an air void from a part of slow cooling speed is provided by supplying an image processor with a heat image signal of the infrared ray camera 3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.09.1998
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number] 3079920
[Date of registration] 23.06.2000
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

TECHNICAL FIELD

[Industrial Application] This invention relates to the defective inspection approach of inspecting defects, such as a float of the corrosion prevention asphalt covered material of the welded joint section, and bulging, especially, about the defective inspection approach of the corrosion prevention asphalt covered material which covers the welded joint section of a coat steel pipe.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

PRIOR ART

[Description of the Prior Art] Generally, after putting the heat-shrinkable tubing and the sheet which used synthetic-resin material, such as cross-linked polyethylene, in the piping site which used coat steel pipes, such as a polyethylene-coated steel pipe, for the corrosion prevention of the local welded joint section on the welded joint section, a heat shrink is carried out, a steel pipe, heat-shrinkable tubing, etc. are stuck, and the protection coating of the welded joint section is made. The corrosion prevention asphalt covered material which carries out protection coating of the local welded joint section of a coat steel pipe As shown in drawing 6 , it becomes jacket 2b which consists of synthetic-resin material of heat shrink nature from 2d of adhesives which mixed various additives in asphalt and the mixture of rubber. When the heat shrink of the jacket 2b is carried out to the local welded joint section of coat steel pipe 2a, it covers and protection coating is performed, supposing many air voids 9 exist between steel pipe 2a and 2d of adhesives, dependability [as opposed to corrosion prevention in steel pipe 2a] will fall.

[0003] In order to solve such a problem, there is a process to which inspection of whether corrosion prevention asphalt covered material is normally covered by the periphery of that welded joint section is carried out in the routing of this corrosion prevention asphalt covered processing. The inspection approach is usually performed by viewing, the approach of carrying out finger touch, etc. Moreover, there is a method of exfoliating in a part of corrosion prevention asphalt covered material, and inspecting the existence of generating of an air void. It exfoliates, and by this approach of inspecting, that part must be restored, after exfoliating.

[0004] Although the method of inspecting an air void with an infrared camera did not exist conventionally, the method of inspecting the corrosion prevention asphalt covered thickness of the inner surface of a steel pipe is indicated by JP,2-12045,A. However, this approach is the approach of detecting a corrosion prevention asphalt covered thick thin defective part, and detecting, while it cooled and the temperature gradient remains, space differential of the temperature distribution was carried out, the defective part is detected, and there is no concept which carries out time amount differential of the temperature distribution in this detection approach. Moreover, the method of detecting the water section of piping covered from the skin temperature distribution by thermal image photography is indicated by JP,6-118040,A. Since a heat transfer coefficient is greatly different in the layer and the water section of air, this approach detects the water section according to the temperature distribution generated according to that difference. However, piping is heated specially and the water section is not detected.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

EFFECT OF THE INVENTION

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, it is possible to detect easily the existence of a defect and the locations which cover the local welded joint section of a coat steel pipe, such as a float of corrosion prevention asphalt covered material and bulging. Although viewing and finger touch had detected defective parts, such as an air void, conventionally, detection of a defective part was inadequate and the dependability over corrosion prevention was not perfect. However, according to the inspection approach of this invention, it is possible to detect defects, such as small AEBOIDO, 100% of abbreviation, since pinpointing of the location is easy also for **, there is an advantage which the remedy does not take time amount to and can perform remedy of a defective part easily, and it has the advantage to which the dependability over the corrosion prevention of the local welded joint section is raised further.

[0032] Moreover, in the defective inspection approach of corrosion prevention asphalt covered material, by detecting the reflective infrared radiation using a mirror, and detecting the temperature distribution of a corrosion prevention asphalt covered material front face, even if it is the difficult part of comparatively detection of a defective part, there is an easily detectable advantage. Moreover, there is an advantage which can raise a detection ratio further by carrying out time amount differential processing for a heat picture signal with an image processing system. Moreover, detection of AEBOIDO etc. is possible by heat-treating at the time of corrosion prevention construction of the local welded joint section, forming corrosion prevention asphalt covered, cooling this heated corrosion prevention asphalt covered, and measuring those temperature distribution, and in case it inspects after corrosion prevention construction, it is possible to skip the process which carries out new heating.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

TECHNICAL PROBLEM

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Conventionally, the local welded joint section in a coat steel pipe carries out the heat shrink of the corrosion prevention asphalt covered material, and is performing bonnet protection coating for the local welded joint section. If many air voids occur between corrosion prevention asphalt covered material and a steel pipe in that case, the dependability over asphalt covered corrosion prevention will fade. Conventionally, an air void is detectable if viewing and the approach of carrying out finger touch and inspecting are comparatively large. However, when small, it is difficult to check the existence, and the method of inspecting the whole coat section by finger touch is very troublesome for an operator. Furthermore, when there are many air voids, it is difficult to specify the location and dimension. Moreover, viewing and when it carried out finger touch and abnormalities were sensed, it exfoliated and was inspecting corrosion prevention asphalt covered [a part of]. This part that exfoliated needed to be repaired, and since this remedy took time amount, it had a fault used as the cost high.

[0006] Since it is such, in protection coating, development of the approach of detecting defects, such as an air void generated between a steel pipe and corrosion prevention asphalt covered material, by the nondestructive inspection approach is desired. There is a method of detecting the water section from temperature distribution using an infrared camera among the nondestructive inspection approaches of the conventional example. However, the heat tracing of piping is not carrying out in detection of the water section in piping covered with the heat insulator. For this reason, inspecting defective parts, such as a very small air void and an adhesion fault, has a difficult fault.

[0007] This invention was made in view of the above technical problems, and aims at offering the defective inspection approach of the asphalt covered material for detecting defects, such as an air void generated in the steel pipe covered with asphalt covered material.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

MEANS

[Means for Solving the Problem] In order to solve an above-mentioned technical problem, the defective inspection approach of the asphalt covered material concerning this invention is an approach characterized by heating the asphalt covered material put on the local welded joint section of a coat steel pipe, cooling the temperature of this asphalt covered material, observing the temperature distribution with an infrared camera, and detecting generating of an air void from the part where a cooling rate is slow. Moreover, in the defective inspection approach of said asphalt covered material, it is the approach characterized by observing the infrared radiation according the temperature distribution of said asphalt covered material to an echo of a mirror with an infrared camera. Moreover, in the defective inspection approach of said asphalt covered material, it is the approach characterized by making heating temperature of said asphalt covered material higher 1-200 degrees C than initial temperature. Moreover, in the defective inspection approach of said asphalt covered material, it is the approach characterized by carrying out time amount differential of the cooling temperature distribution of said asphalt covered material, and inspecting the magnitude of an air void from the distribution.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

OPERATION

[Function] The defective inspection approach of the asphalt covered material which starts this invention with an above-mentioned means, When defective parts generated between a steel pipe and corrosion prevention asphalt covered material, such as an air void and an adhesion fault, occur after heating the corrosion prevention asphalt covered material which covers the local welded joint section of a coat steel pipe, it is the detection approach of the air of that defective part serving as a thermal break, and an infrared camera detecting the temperature distribution by the difference in that cooling rate using the cooling rate of this part being slow, and detecting a comparatively small defective part. Moreover, the defective inspection approach of the asphalt covered material concerning this invention is the detection approach which is reflected in the direction of an infrared camera and measures the infrared radiation emitted from corrosion prevention asphalt covered material using a mirror, and even if detection of temperature distribution is a difficult part, it can perform detection of a defective part. furthermore, the thing for which time amount differential is carried out and the heat picture signal acquired by echo is acquired although the temperature detected with an infrared camera becomes lower than actual skin temperature -- the difference of a relative cooling rate -- as a still clearer thing -- an air void, an adhesion fault, etc. -- etc. -- existence of a defect is checked.

[0010] Moreover, the defective inspection approach of the asphalt covered material concerning this invention makes the profile of a defective part clear from the information from which detection of defective parts, such as an air void and an adhesion fault, carries out time amount differential of the heat picture signal acquired with an infrared camera with an image processing system, and is obtained, and detects the magnitude to accuracy. Moreover, since it can be made to be able to cool naturally and the defective inspection approach of the asphalt covered material concerning this invention can detect existence of an air void according to the partial difference of the temperature reduction after performing the process which it heats [process] at the time of corrosion prevention asphalt covered processing, and carries out heating contraction of the corrosion prevention asphalt covered material, it can also detect a defective part, without performing the heating process for nondestructive inspection.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing arrangement of the inspected object in the defective inspection approach of the asphalt covered material concerning this invention, and a measuring device.

[Drawing 2] It is drawing showing the judgment number of the defective part to the heating temperature in the defective inspection approach of the asphalt covered material by this invention.

[Drawing 3] It is drawing having shown in model the temperature cooling curve of the defective part of asphalt covered material, and an area free from defect which covers the local welded joint section.

[Drawing 4] It is drawing showing other arrangement of the inspected object in the defective inspection approach of the asphalt covered material concerning this invention, and a measuring device.

[Drawing 5] It is drawing showing other arrangement of the inspected object in the defective inspection approach of the asphalt covered material concerning this invention, and a measuring device.

[Drawing 6] It is the sectional view showing an air void.

[Explanation of agreement]

1 ***** Material

2 Coat Steel Pipe

2a Steel pipe

2b Covering material

2c Welded joint section

2d Adhesives layer

3 Infrared Camera

4 Image Processing System

5 Cable

6 Gas Burner

7 Infrared Ray Radiation Thermometer

8 Infrared Heater

10 Mirror

[Translation done.]

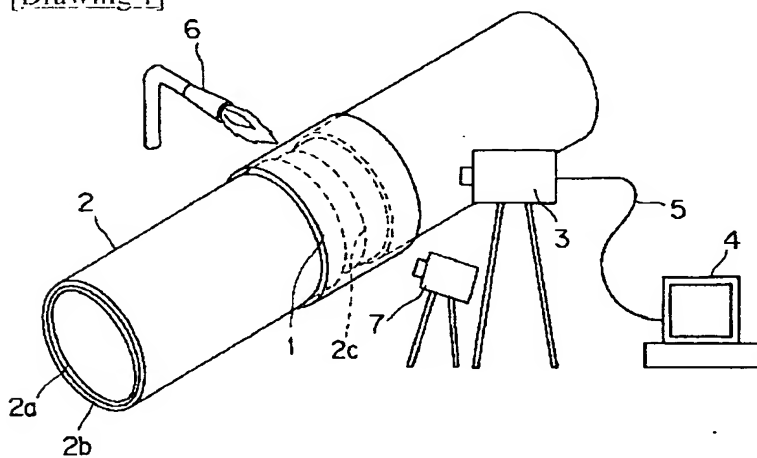
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

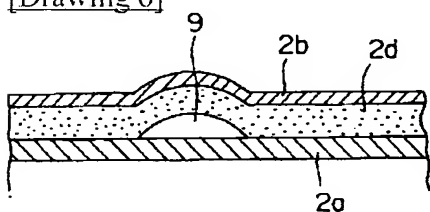
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

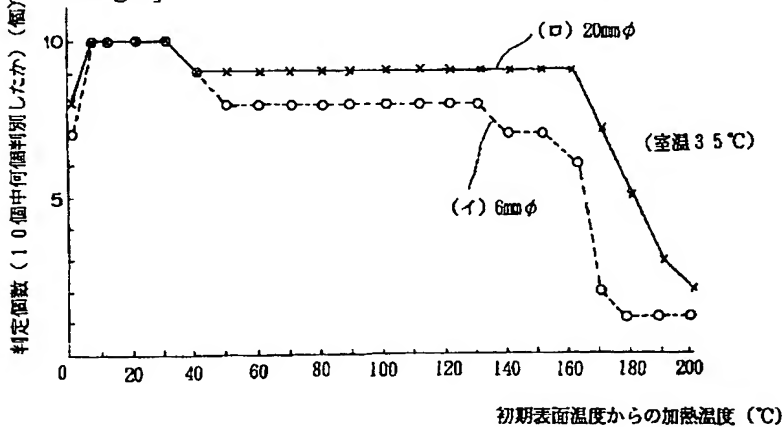
[Drawing 1]



[Drawing 6]

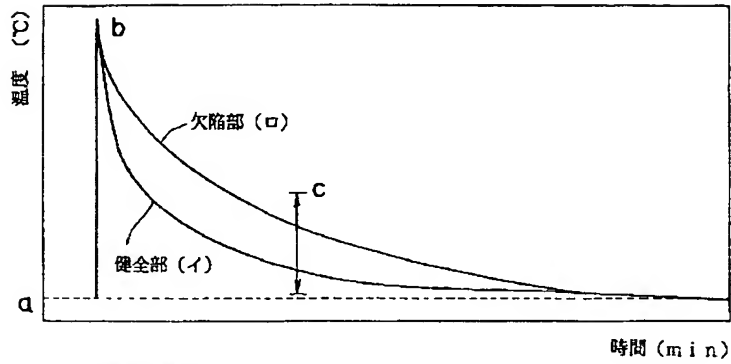


[Drawing 2]

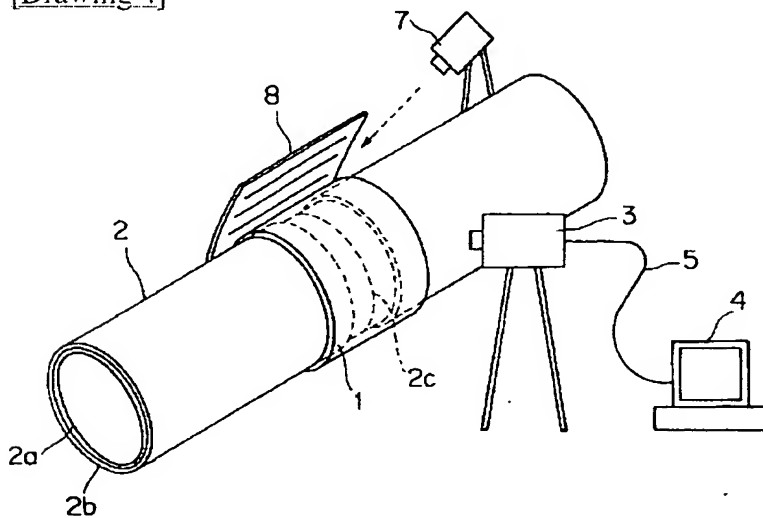


[Drawing 3]

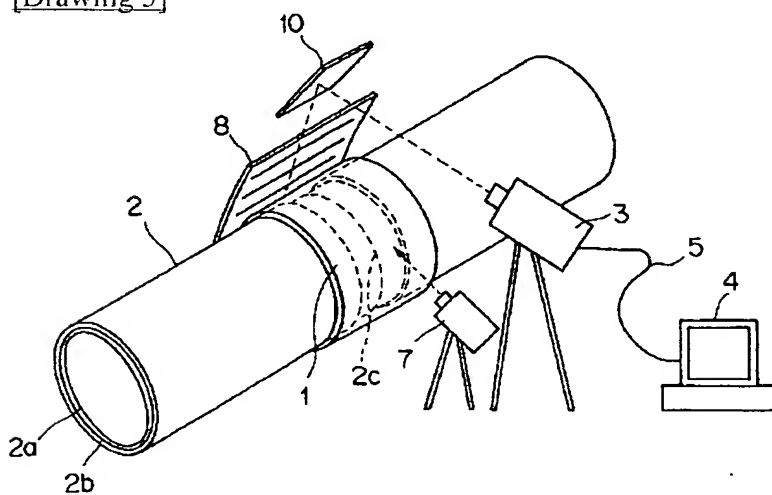
現地継ぎ手部塗覆装材冷却曲線



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-145922

(43) 公開日 平成8年(1996)6月7日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 N 25/72

E

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平6-291215

(22) 出願日

平成6年(1994)11月25日

(71) 出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72) 発明者 北川 尚男

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72) 発明者 安井 敏之

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72) 発明者 岡野 嘉宏

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(74) 代理人 弁理士 瀧野 秀雄 (外1名)

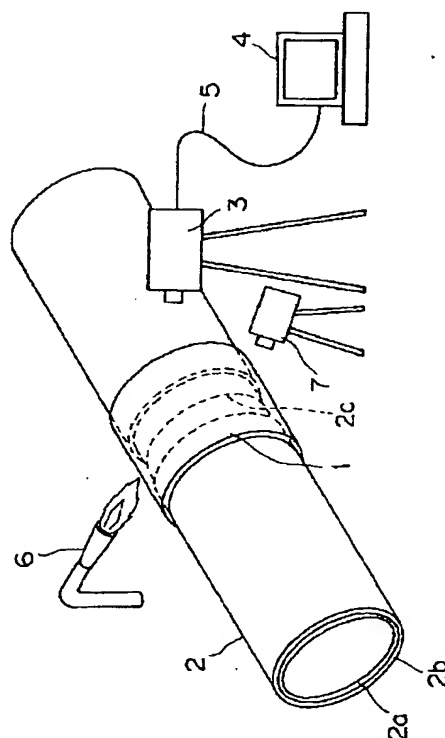
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 塗覆装材の欠陥検査方法

(57) 【要約】

【目的】 塗覆装材で被覆された鋼管に発生したエアボイド等の欠陥を検出する為の塗覆装材の欠陥検査方法を提供することを目的とするものである。

【構成】 被覆鋼管2の現地溶接継手部2cを接着剤層を介して防食塗覆層材1を被覆してガスバーナー6等の熱源で加熱し防食塗覆層材1を熱収縮させ、防食塗覆層材1を冷却した後に、防食塗覆層材1を加熱してその温度分布を赤外線カメラ3で観察し、赤外線カメラ3の熱画像信号を画像処理装置4に供給して冷却速度の遅い箇所からエアボイド等の欠陥部を検出する塗覆装材の欠陥検査方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被覆鋼管の現地溶接継手部を接着剤層と防食装からなる塗覆装材を加熱して、該塗覆装材の温度を冷却して、その温度分布を赤外線カメラで観測して冷却速度の遅い箇所からエアボイドの発生を検知することを特徴とする塗覆装材の欠陥検査方法。

【請求項2】 前記塗覆装材の温度分布を鏡の反射による赤外線赤外線カメラで観測することを特徴とする請求項1記載の塗覆装材の欠陥検査方法。

【請求項3】 前記塗覆装材の加熱温度を初期温度より1～200℃高くすることを特徴とする請求項1又は2に記載の塗覆装材の欠陥検査方法。

【請求項4】 前記塗覆装材の温度分布を時間微分してその分布からエアボイドの大きさを検査することを特徴とする請求項1、2又は3に記載の塗覆装材の欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、被覆鋼管の溶接継手部を被覆する防食塗覆装材の欠陥検査方法に関し、特に、溶接継手部の防食塗覆装材の浮きや膨れ等の欠陥を検査する欠陥検査方法に係るものである。

【0002】

【従来の技術】 一般に、ポリエチレン被覆鋼管等の被覆鋼管を使用した配管現場においては、現地溶接継手部の防食のために、架橋ポリエチレン等の合成樹脂材を用いた熱収縮チューブやシートを溶接継手部に被せた後に、熱収縮させて鋼管と熱収縮チューブ等を密着させて溶接継手部の防食処理がなされている。被覆鋼管の現地溶接継手部を防食処理する防食塗覆装材は、図6に示すように、熱収縮性の合成樹脂材からなる防食層2bと、アスファルトとゴムの混合物に各種添加物を混入した接着剤2dとからなり、被覆鋼管2aの現地溶接継手部に防食層2bを熱収縮させて被覆して防食処理を施した際に、鋼管2aと接着剤2d間にエアボイド9が多数存在したとすると、鋼管2aが防食に対する信頼性が低下することになる。

【0003】 このような問題を解消する為に、この防食塗覆装材処理の作業工程には、防食塗覆装材がその溶接継手部の外周に正常に被覆されているか否かの検査が行われる工程がある。その検査方法は、通常、目視や指触する方法等によって行われている。また、防食塗覆装材の一部を剥離してエアボイドの発生の有無を検査する方法がある。この剥離して検査する方法では、剥離した後その部分を修復しなければならない。

【0004】 エアボイドを赤外線カメラで検査する方法は、従来、存在しなかったが、鋼管の内面の防食塗覆装の肉厚を検査する方法は特開平2-12045号公報に記載されている。しかし、この方法は防食塗覆装の肉厚の薄い欠陥部分を検出するものであり、冷却して温度

差が残っている間に検出する方法であり、温度分布を空間微分して欠陥部分を検出しており、この検出方法には温度分布を時間微分する概念はない。また、熱画像撮影による表面温度分布から被覆された配管の含水部を検出する方法は、特開平6-118040号公報に開示されている。この方法は、空気の層と含水部では熱伝達係数が大きく相違するので、その相違によって発生する温度分布によって含水部を検出するものである。しかし、配管を特別に加熱して含水部を検出するものではない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 従来、被覆鋼管における現地溶接継手部は、防食塗覆装材を熱収縮させて現地溶接継手部を覆い防食処理を行っている。その際、防食塗覆装材と鋼管との間に多数のエアボイドが発生すると、塗覆装の防食に対する信頼性が薄れる。従来、エアボイドを目視や指触して検査する方法は、比較的大きいものであれば、検出が可能である。しかし、小さいものである場合、その存在を確認することが難しく、また、被覆部全体を指触で検査する方法は作業者にとって極めて煩わしいものである。更に、エアボイドの数が多い場合はその位置や寸法を特定することが困難である。また、目視や指触して異常が感じられる場合には、防食塗覆装の一部を剥離して検査していた。この剥離した部分は補修する必要があり、この補修に時間がかかるためコスト高となる欠点があった。

【0006】 このようなことから防食処理に於いて、鋼管と防食塗覆装材間に発生したエアボイド等の欠陥を非破壊検査方法で検出する方法の開発が望まれている。従来例の非破壊検査方法には、赤外線カメラを用いて温度分布から含水部を検出する方法がある。しかし、断熱材で被覆された配管における含水部の検出に当たり、配管の外部加熱は行っていない。このため、非常に小さいエアボイドや密着不良箇所等の欠陥部を検査するのは難しい欠点がある。

【0007】 本発明は、上述のような課題に鑑みなされたもので、塗覆装材で被覆された鋼管に発生したエアボイド等の欠陥を検出する為の塗覆装材の欠陥検査方法を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上述の課題を解決する為に、本発明に係る塗覆装材の欠陥検査方法は、被覆鋼管の現地溶接継手部に被せた塗覆装材を加熱して、該塗覆装材の温度を冷却して、その温度分布を赤外線カメラで観測して冷却速度の遅い箇所からエアボイドの発生を検知することを特徴とする方法である。また、前記塗覆装材の欠陥検査方法に於いて、前記塗覆装材の温度分布を鏡の反射による赤外線赤外線カメラで観測することを特徴とする方法である。また、前記塗覆装材の欠陥検査方法に於いて、前記塗覆装材の加熱温度を初期温度より1～200℃高くすることを特徴とする方法である。

また、前記塗覆装材の欠陥検査方法に於いて、前記塗覆装材の冷却温度分布を時間微分してその分布からエアボイドの大きさを検査することを特徴とする方法である。

【0009】

【作用】上述の手段によって、本発明に係る塗覆装材の欠陥検査方法は、被覆鋼管の現地溶接継手部を被覆する防食塗覆装材を加熱した後に、鋼管と防食塗覆装材との間に発生したエアボイドや密着不良箇所等の欠陥部が発生した場合、その欠陥部の空気が断熱層となり、この部分の冷却速度が遅いことを利用して、赤外線カメラでその冷却速度の違いによる温度分布を検出して、比較的小さい欠陥部を検出する検出方法である。また、本発明に係る塗覆装材の欠陥検査方法は、鏡を利用して防食塗覆装材から放射される赤外線を赤外線カメラ方向に反射させて計測する検出方法であり、温度分布の検出が困難な部分であっても欠陥部の検出ができる。更に、赤外線カメラで検出される温度は実際の表面温度よりも低くなるが、反射によって得られる熱画像信号を時間微分して得ることによって、相対的な冷却速度の差を一層明確なものとしてエアボイドや密着不良箇所等の欠陥の存在を確認するものである。

【0010】また、本発明に係る塗覆装材の欠陥検査方法は、エアボイドや密着不良箇所等の欠陥部分の検出が赤外線カメラで得られる熱画像信号を画像処理装置で時間微分して得られる情報から欠陥部の輪郭を明確なものとし、その大きさを正確に検出するものである。また、本発明に係る塗覆装材の欠陥検査方法は、防食塗覆装材に加熱して防食塗覆装材を加熱収縮させる工程を行った後に、自然冷却させてその温度降下の部分的な差によって、エアボイドの存在を検出することができるので、非破壊検査のための加熱工程を行うことなく欠陥部の検出を行うことも可能である。

【0011】

【実施例】以下、本発明の実施例について図1乃至図5を参照して説明する。

（実施例1）図1は、本発明に係る塗覆装材の欠陥検査方法の一実施例を説明する為の図である。同図に於いて、防食塗覆装材が被覆された被覆鋼管と測定装置及び熱源が図示されており、被覆鋼管2の溶接及び防食処理は現地における配管工程でなされる。同図を参照して、被覆鋼管2の配管工程について簡単に説明する。まず、被覆材2bを剥離して鋼管2aを露出させた後に、互いの鋼管2a同志を溶接する。その溶接継手部2cと被覆材2bは、防食塗覆装材1で覆われ、その後、防食塗覆装材1をガスバーナー6等の熱源で加熱収縮させて、溶接部2cと鋼管2aの露出部及び被覆材2bに密着させる。防食塗覆装材1は熱収縮性の樹脂チューブ或いはシート状のものであって、その裏面には、例えば、アスファルトとゴムとの混合物に各種添加物を混入した接着剤

層が設けられている。接着剤層は加熱によって溶融して粘性を帯びる。

【0012】上記のような防食処理工程がなされた後に、塗覆装材の欠陥検査方法の一実施例であるエアボイドや密着不良部等の欠陥部の有無の欠陥検査工程に進む。まず、防食処理工程時で加熱した部分を一旦室温まで冷却した後に、新たに、赤外線ランプ、レーザー光、ガスバーナー或いは電熱器等によって防食塗覆装材1を加熱する。その後、加熱収縮させた防食塗覆装材1を自然冷却させて温度分布の測定を行う。温度分布の測定は、赤外線カメラ3によって行い、その熱画像信号をコンピュータ等の画像処理装置4に入力して画像処理を行って、防食塗覆装材1の表面の温度分布を観測してエアボイドや密着不良箇所等の欠陥部を検出する。また、他の検査方法としては、防食処理工程時で加熱した部分を所定時間冷却した後に、赤外線カメラ3でその表面部分の温度分布を測定して欠陥部を検出してもよい。尚、防食処理工程と欠陥検査工程の各処理工程における防食塗覆装材の表面温度は、赤外線放射温度計7で観測しながら作業を行う。

【0013】以下、エアボイドや密着不良箇所の欠陥検査方法における赤外線カメラによる温度分布の測定の有効性について実験結果に基づき説明する。図1を参照して説明する。この実験では、750Aポリエチレン被覆鋼管2を溶接して、その溶接継手部2cを防食塗覆装材1（例えば、750A用熱収縮性樹脂、厚さ3mm）で被覆して人為的に直径6mmと20mmのエアボイドを形成した。防食塗覆装材1を熱収縮させた後、室温まで一旦冷却させて、再び、防食塗覆装材1を赤外線ランプ等で加熱して表面温度分布を測定することによってエアボイドを検出した。その検査結果が図2に示されている。図2は横軸が防食塗覆装材の初期表面温度からの加熱からの加熱温度を示し、縦軸が10個のエアボイド中の判定個数を示している。図中の破線（イ）は直径が6mmのエアボイドの各表面温度に対する検出個数を示し、実線（ロ）は直径が20mmのエアボイドの各表面温度に対する検出個数を示している。

【0014】図2から明らかなように、約3℃から約35℃の範囲では破線（イ）と実線（ロ）のエアボイドが何れも100%（10個/10個）が検出されている。破線（イ）の場合では、約1℃の場合は70%（7個/10個）が検出され、約35℃から130℃までの範囲で80%（8個/10個）のエアボイドが検出され、130℃から200℃の範囲では段階的に検出率が低下している。一方、実線（ロ）の場合は、約1℃の場合は80%（8個/10個）が検出され、約35℃から160℃までの範囲では90%（9個/10個）のエアボイドが検出され、160℃から200℃の範囲では段階的に検出率が低下している。

【0015】また、この結果からエアボイドを検出する

のに最も適した表面温度の範囲は、初期表面より3～35℃高い温度が適していることを示している。しかし、検出率を50%に落とせば、エアボイドの直径によっても異なるが、直径が20mmの場合、表面温度が1～180℃高い温度まで検出が可能である。更に、直径の大きいエアボイドであれば、200℃まで検出することができる。このように検出率はエアボイドの直径に依存しているが、概ね防食塗覆装材の表面温度が1℃以上200℃以下までの範囲でエアボイドの検出が可能である。また、この検出率は防食塗覆装材の厚さにも依存することは明らかである。また、図2では、加熱温度を1℃にすると検出率が下がっているが、これは健全部分と欠陥部との間の温度差自体も小さくなるために検出率が下がるためである。

【0016】次に、従来と実施例の検査方法との検出率の相違を表1、表2に示す。表1は、防食塗覆装材を加熱収縮させて鋼管に密着させ、室温まで冷却させた後、防食塗覆装材の加熱温度を、その初期表面温度より20℃高い温度に設定して欠陥部の検査を行った実験結果による検出率を示したものであり、従来の検査方法は目視や指触による。表2は、防食塗覆処理時に加熱して防食塗覆装材を加熱収縮した後、自然冷却させて検出を行った実験結果を示したものである。

【0017】

【表1】

欠陥部の検出率の比較（表1）

エアボイド（直径）	実施例	従来例
6mm	100%	0%
10mm	100%	30%

欠陥部の検出率の比較（表2）

エアボイド（直径）	実施例	従来例
10mm	90%	10%
20mm	100%	30%

【0018】表1に示した実験結果では、従来例の目視や指触による方法では、直径が6mmのエアボイドは検出ができなかった。しかし、実施例1の方法では、100%の検出ができた。また、直径が10mmのエアボイドの場合では、従来の検出方法では30%（3個／10個）の検出率であったが、実施例1では100%の検出ができた。また、表2に示した実験結果では、エアボイドの直径が10mmと20mmの場合の検出率を目視や指触による方法と実施例による方法とで比較した。

【0019】表2に示した実験結果では、エアボイドの直径が10mmの場合、従来の方法では10%（1個／10個）の検出率であったが、実施例の方法では90%（9個／10個）の検出率であった。また、エアボイドの直径が20mmの場合、従来の方法では30%（3個／10個）の検出率であったが、実施例1では100%

（10個／10個）の検出率であった。尚、エアボイドの位置の確認は剥離検査で確認した。また、表1、2に示したように、エアボイドの直径が10mmの場合の結果から明らかなように、検査に多少の誤差が発生することを示している。

【0020】次に、図3に基づいてエアボイド等の欠陥検出における測定条件について詳細に説明する。図3の縦軸が防食塗覆装材の表面温度を示し、横軸が冷却時間である。同図に於いて、aは防食塗覆装材で被覆された被覆鋼管の防食塗覆装材の初期表面温度を示している。bは加熱温度を示し、cは測定温度範囲を示している。

（イ）が健全に接着されている部分の温度冷却曲線であり、（ロ）がエアボイド等の欠陥部の温度冷却曲線である。

【0021】図3に示した測定条件について説明すると、被覆鋼管の現地溶接継手部を覆う防食塗覆装材を加熱してその表面温度を初期表面温度aより10℃乃至20℃高い温度に加熱した。その後、自然冷却して所定経過時間毎の温度分布を測定した結果を示すものである。測定温度は表面温度から1.8～4.2℃高い温度で行い、センサの感度は0.3℃で測定を行った。センサの感度が高い場合は、時間変化に対して温度分布を示す色の分布が激しく変動するために検出効率を低下させる原因となるが、センサの感度は0.3℃の場合には、時間変化に対して温度分布を示す色の変化が緩やかとなり、エアボイドを検出する場合の検出効率が良好であることが分かった。すなわち、温度のサンプリング時間を任意に設定することにより、検出効率を向上させることができる。

【0022】しかし、これらの結果は、その防食塗覆装材の材質や厚さ等に影響するために、材質の比熱や厚さ、加熱温度によってこれらの値は異なる。エアボイドや密着不良箇所内の空気が断熱装となり、冷却速度が遅いことに着目して温度分布を検査することによってエアボイド等の欠陥部分を検出するものである。尚、図3の欠陥部分（エアボイド）と健全部分の温度冷却曲線（イ）、（ロ）は、本発明の理解を容易にするためにモデル的に示したものである。

【0023】（実施例2）図4は、塗覆装材の欠陥検査方法の他の実施例を説明する為の図である。同図に於いて、図1と同一部分には同一符号が付与されている。同図では、防食塗覆装材1の加熱収縮には、ガスバーナーを用いて行い、防食塗覆装材1は現地溶接継手部2cと鋼管2aの露出部及び被覆材2bを覆って、防食処理がなされている。熱収縮させた防食塗覆装材1の温度を自然冷却した後、赤外線ヒータ（または、パネルヒータ）8を用いて防食塗覆装材1を加熱する。その後、図3の冷却曲線から求められる所定時間経過後に、赤外線カメラ3でその表面部分の温度分布を測定する。赤外線カメラ3からの画像信号をケーブル5を通してコンピュ

ータ等の画像処理装置4に入力してエアボイドや密着不良箇所等の欠陥部の検出を行う。尚、この場合もエアボイドや密着不良箇所等の欠陥部の検出率は先に説明した通りである。また、シート状のヒータ（赤外線ヒータやパネルヒータ）を用いて防食塗覆装材1を加熱することにより、広い面積を一度に加熱することができるので、温度分布の観察が容易であり、検出効率を高めるのによい。

【0024】（実施例3）図5は、塗覆装材の欠陥検査方法の他の実施例を説明する為の図である。同図に於いて、図1と同一部分には同一符号が付与されている。同図では実施例2と同様に、赤外線ヒータ8を用いて防食塗覆装材1を加熱して収縮させ、防食塗覆装材1を溶接部2cと鋼管2aの露出部を被覆材2bを覆っている。続いて、防食塗覆装材1を加熱収縮させて一旦冷却した後、防食塗覆装材1を加熱して赤外線カメラ3でその表面部分の温度分布を鏡10を通して測定する。温度分布の測定は、防食塗覆層材1から放射される赤外線を鏡10で反射させてその赤外線を赤外線カメラ3で撮らえ、赤外線カメラ3からの画像信号がケーブル5を通してコンピュータ等の画像処理装置4に入力される。加熱処理時の塗覆装材1の表面温度は赤外線放射温度計7で計測する。次に、実施例3j従来例によるエアボイドの検出率の比較を表3に示す。

【0025】

【表2】

欠陥部の検出率の比較（表3）

エアボイド（直径）	実施例	従来例
6mm	90%	0%
20mm	100%	30%

【0026】表3は、人為的にエアボイドを10個形成*

欠陥部の検出率の比較（表4）

エアボイド（直径）	実施例	従来例
6mm	7%	19%
15mm	5%	12%

尚、この測定値の誤差は、次式のように求められた。

$$\frac{(\text{測定値} - \text{エアボイドの実際の大きさ (直径)})}{\text{エアボイドの実際の大きさ (直径)}} \times 100 (\%)$$

【0030】この測定結果は、画像信号を時間微分することによって、従来の検査方法と比較して測定誤差が少ないことを示している。従来の検査方法ではエアボイドの直径が6mmの場合、19%の測定誤差が発生するのに対して、本発明による検査方法では、僅か7%の測定誤差が発生するのみである。また、エアボイドの直径が15mmの場合では、12%の測定誤差が発生するのに対して、本発明による検査方法では、僅か5%の測定誤

*して実施例と従来例による方法で検査した結果を示すものである。従来の目視や指触による検査と比較した場合は、エアボイドの直径が6mmでは検出が不可能であったが、実施例3によれば、90%（9個/10個）の検出が可能であった。また、その直径が20mmの場合では従来の検査方法では30%（3個/10個）であったのに対し、実施例1、2の検査方法では100%が検出された。この実施例では、直接温度分布を検出する方法と比較して直径が6mmの場合、直接防食塗覆装材1の表面温度を検出する場合と比較して多少欠陥部の検出率が低下している。しかし、欠陥部の検出に当たり鏡を用いることによって測定が困難な部分であっても検査が容易となる。

【0027】（実施例4）次に、本発明に係る塗覆装材の欠陥検査方法の他の実施例について説明する。尚、被検査物と測定器等の配置は、図1、図4、図5で説明した同じ方法による。この実施例では、防食塗覆装材の温度分布を時間微分して得られる画像信号に基づいて、エアボイド等の欠陥部を検出するものである。

【0028】上記実施例に示したように、防食塗覆装材に人為的に直径が6mm、15mmのエアボイドを形成した後、防食塗覆装材を加熱してその冷却過程から得られる画像信号を時間微分して欠陥部を検出する方法である。時間微分して得られる画像は欠陥部の輪郭が一層明確になり、エアボイドの大きさが明らかになる。従って、鏡を用いて防食塗覆装材の温度分布を検出した後、時間微分することによって多少検出効率が低下したとしても、より境界部が明確になるので検出率を高めることができる。また、画像信号を時間微分処理することによって、上記に示した検出結果より、更に、良好な検出結果を得ることができる。

【0029】

【表3】

差が発生するのみである。この結果から明らかなように、実施例4の熱画像信号を時間微分する方法によって、欠陥部の検出精度が高くなる。更に、この結果は、上記の実施例1乃至3にも適用される。従って、熱画像信号を時間微分することによって、測定条件が緩和されることを意味し、一層検出率を高めることができる。また、欠陥部の輪郭が明確になり、位置の特定が容易であるので、欠陥部の補修が短時間になし得る。

【0031】

【発明の効果】上述のように、本発明によれば、被覆鋼管の現地溶接継手部を被覆する防食塗覆装材の浮きや膨れ等の欠陥の存在及び位置を容易に検出することが可能である。従来、目視や指触によってエアボイド等の欠陥部を検出していたが、欠陥部の検出が不十分であり、防食に対する信頼性が完全でなかった。しかし、本発明の検査方法によれば、小さなエアボイド等の欠陥を略100%検出することが可能であり、而も、その位置の特定が容易であるので、その補修に時間を要することがなく、容易に欠陥部の補修ができる利点があり、現地溶接継手部の防食に対する信頼性が一層高められる利点がある。

【0032】また、防食塗覆装材の欠陥検査方法に於いて、鏡を用いてその反射赤外線を検出して防食塗覆装材表面の温度分布を検出することによって、欠陥部を比較的検出の困難な部分であっても容易に検出することができる利点がある。また、画像処理装置で熱画像信号を時間微分処理をすることにより一層検出率を高めることができる利点がある。また、現地溶接継手部の防食施工時に加熱処理をして防食塗覆装を形成しており、この加熱した防食塗覆装を冷却してその温度分布を計測することによって、エアボイド等の検出が可能であり、防食施工の後に、検査を行う際には、新たな加熱をする工程を省くことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る塗覆装材の欠陥検査方法における被検査物と測定装置の配置を示す図である。

【図2】本発明による塗覆装材の欠陥検査方法における加熱温度に対する欠陥部の判定個数を示す図である。

【図3】現地溶接継手部を被覆する塗覆装材の欠陥部と健全部の温度冷却曲線をモデル的に示した図である。

【図4】本発明に係る塗覆装材の欠陥検査方法における被検査物と測定装置の他の配置を示す図である。

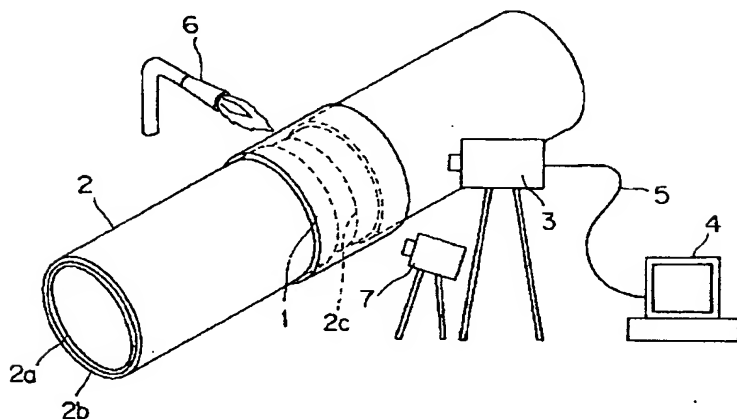
【図5】本発明に係る塗覆装材の欠陥検査方法における被検査物と測定装置の他の配置を示す図である。

【図6】エアボイドを示す断面図である。

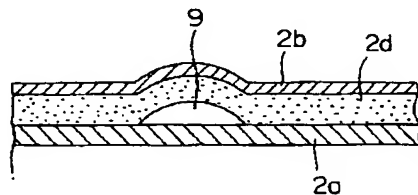
【符合の説明】

- 1 防食被覆装材
- 2 被覆鋼管
- 2a 鋼管
- 2b 被覆材
- 2c 溶接継手部
- 2d 接着剤層
- 3 赤外線カメラ
- 4 画像処理装置
- 5 ケーブル
- 6 ガスバーナー
- 7 赤外線放射温度計
- 8 赤外線ヒータ
- 10 鏡

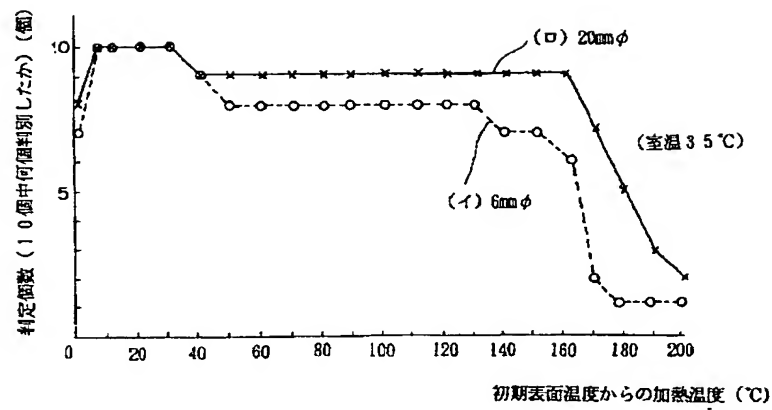
【図1】



【図6】

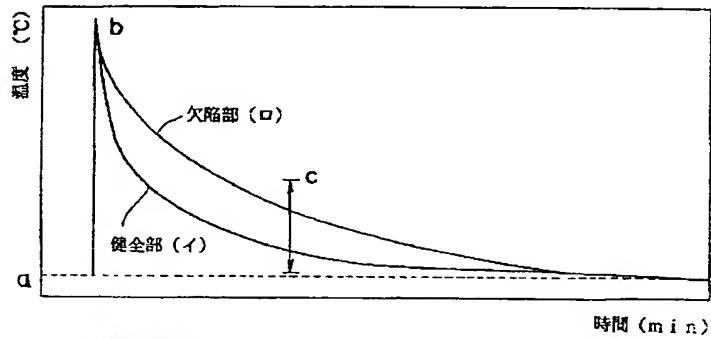


【図2】



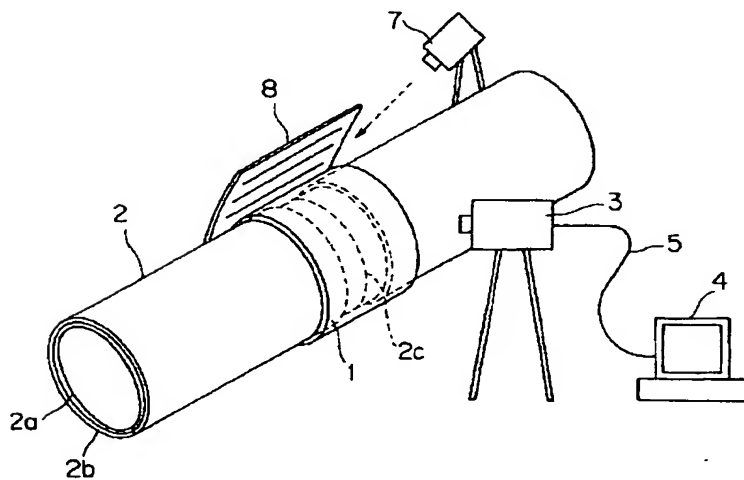
【図3】

現地掘き手塗覆装材冷却曲線

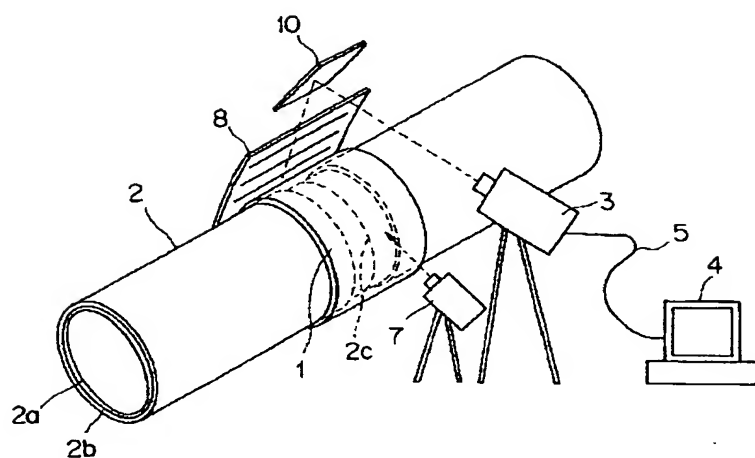


- a 初期表面温度
 b 加熱温度 (初期表面温度 + 10 ~ 20 °C)
 c 測定温度範囲 (初期表面温度 + 1.8 ~ 4.2 °C)

【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 川村 正
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日
本鋼管株式会社内

(72)発明者 平田 元史
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日
本鋼管株式会社内